



⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

⑯ Übersetzung der
europäischen Patentschrift

⑯ EP 0 479 833 B1

⑯ DE 690 07 107 T2

⑯ Int. Cl. 5:

F 02 D 41/14

F 02 D 41/34

DE 690 07 107 T2

⑯ Unionspriorität: ⑯ ⑯ ⑯

29.06.89 AU 49/89

⑯ Patentinhaber:

Orbital Engine Co. (Australia) Pty. Ltd., Balcatta,
Westaustralien, AU

⑯ Vertreter:

Pfenning, J., Dipl.-Ing., 10707 Berlin; Meinig, K.,
Dipl.-Phys., 80336 München; Butenschön, A.,
Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anwälte; Bergmann, J.,
Dipl.-Ing., Pat.- u. Rechtsanw., 10707 Berlin; Nöth, H.,
Dipl.-Phys., 80336 München; Hengelhaupt, J.,
Dipl.-Ing., 01097 Dresden; Kraus, H., Dipl.-Phys.,
Pat.-Anwälte, 80336 München

⑯ Benannte Vertragstaaten:

AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, IT, LI, LU, NL, SE

⑯ Erfinder:

AHERN, Steven, Ross, Claremont, W.A. 6010, AU;
PRACILIO, Claudio, Balcatta, W.A. 6021, AU

⑯ KLOPFREGELUNG DURCH VERMINDERUNG DER EINSPRITZUNGSZEIT.

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 690 07 107 T2

90909584.6-2301 / O 479 833

Die Erfindung betrifft die Steuerung des Betriebs einer Verbrennungsmaschine und insbesondere das Tref-
fen einer korrigierenden Maßnahme beim Auftreten ei-
5 nes "Klopfens", das von einer Detonation anstelle einer gesteuerten Verbrennung eines Teils der Brenn-
stoff/Luft-Mischung herrührt.

Klopfen ist ein gut bekanntes Problem beim Betrieb
10 von Verbrennungsmaschinen und ist ein besonderes Pro-
blem, wenn eine Maschine Übergangsbedingungen unter
hoher Last unterworfen ist. Es ist bekannt, Maschinen
mit einem "Klopfsensor" zu versehen, gewöhnlich in
15 der Form eines Vibrationssensors, um entweder eine
angemessene Warnung an die Bedienungsperson der Ma-
schine auszugeben oder einen angemessenen automati-
schen korrigierenden Vorgang zu aktivieren. Bekannte
korrigierende Vorgänge bestehen gewöhnlich entweder
20 in der Verzögerung des Zündzeitpunktes der Maschine
oder in der Erhöhung der Brennstoffzuführung für die
Maschine. Die Steuerung des Pegels des "Klopfens"

durch Verzögerung des Zündzeitpunktes und/oder die Verwendung einer Erhöhung der Brennstoffzufuhr, die eine fette Mischung ergibt, kann zu Problemen bei der Emissionssteuerung oder beim Leistungsausgang führen.

5

Es wurde auch in der DE-A-30 22 993 vorgeschlagen, das "Klopfen" durch Herabsetzen des Brennstoffzuführungspegels für die Maschine zu steuern, und in der JP-A-60 11 651 durch Verzögerung der Einspritzung; jedoch verringern beide Vorschläge den Nutzefekt der Maschine beträchtlich. Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein System zur Steuerung des "Klopfens" in Verbrennungsmaschinen vorzusehen, das ein wirksames Ansprechen auf die Erfassung des "Klopfens" ergibt, um dies zu steuern, und das einen relativ geringen Einfluß auf die Emissionspegel im Maschinenabgas hat.

10

15

20

25

30

Unter Berücksichtigung dieser Aufgabe ist gemäß der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zum Betrieb einer Verbrennungsmaschine zur Steuerung des "Klopfens" in dieser vorgesehen, das die Einspritzung einer dosierten Menge von in einem Gas mitgenommenem Brennstoff direkt in die Verbrennungskammer der Maschine, die Steuerung des Zeitpunktes der Einspritzung durch Einstellung der Zeit des Endes der Einspritzperiode in Beziehung zum Maschinenzyklus und die Herabsetzung der Dauer der Einspritzperiode in Abhängigkeit von der Erfassung des "Klopfens" in der Maschine oberhalb eines vorbestimmten Pegels umfaßt.

35

Vorzugsweise wird bei der Erfassung des "Klopfens" oberhalb des vorbestimmten Pegels die Dauer der Einspritzung um eine voreingestellte anfängliche Größe reduziert, und wenn danach das "Klopfen" fortdauert,

um eine voreingestellte zusätzliche Größe, oder mehrere von diesen, bis das "Klopfen" aufhört oder der erfaßte Pegel unter den vorbestimmten Pegel fällt. Normalerweise ist die vorbestimmte anfängliche Größe der Herabsetzung der Einspritzdauer größer als die nachfolgenden voreingestellten zusätzlichen Größen. Somit besteht bei der Erfassung des "Klopfens" oberhalb des vorbestimmten Pegels eine anfängliche Herabsetzung der Einspritzdauer, wobei die anfängliche Größe so eingestellt ist, daß eine Beendigung des "Klopfens" unter normalen Umständen erreicht wird, und eine oder mehrere voreingestellte zusätzliche Größen der Nachregelung sind nur unter schwerwiegenden "Klopfbedingungen" erforderlich.

Zweckmäßig wird, nachdem das "Klopfen" als Ergebnis einer Herabsetzung der Einspritzdauer aufgehört hat, diese Dauer mit einer vorbestimmten Geschwindigkeit auf ihren normalen Wert erhöht; vorzugsweise stufenweise, so daß nicht eine plötzliche Änderung der Einspritzperiode auftritt, die unter einigen Umständen ein "Klopfen" in der Maschine wieder einleiten.

Wie es gewöhnliche Praxis ist, werden sowohl der Zündzeitpunkt als auch der Einspritzzeitpunkt auf der Grundlage von Graden der Drehung der Kurbelwelle vor dem oberen Totpunkt (TDC) des Kolbens des speziellen Zylinders eingestellt. Die Dauer der Einspritzperiode kann in gleicher Weise in Graden des Drehwinkels der Kurbelwelle oder auf einer Zeitbasis gemessen werden. Der vorliegende Vorschlag zur Herabsetzung der Dauer der Einspritzperiode basiert darauf, daß der Zeitpunkt der Beendigung der Einspritzung auf einem Drehwinkel vor dem TDC eingestellt wird, und daß die Ein-

spritzdauer auf der Echtzeit beruht, die vom Einspritzbeendigungszeitpunkt vorwärts gemessen wird.

Wie bekannt ist, wird das "Klopfen" oder die Detonation des Brennstoffes gemeinsam in Bereichen mit minimalem Abstand zwischen dem Kolben und der Wand der Verbrennungskammer, gewöhnlich des Zylinderkopfes, eingeleitet, und solche Bereiche mit minimalem Abstand befinden sich normalerweise um den Haupt-Verbrennungsbereich herum. Die vorliegende Erfindung 5 führt durch Herabsetzung der Einspritzperiode von einem eingestellten Beendigungszeitpunkt, daher einer Herabsetzung der Zeitspanne zwischen dem Beginn der Einspritzung und dem Beginn der Zündung, zu einer 10 kürzeren Zeit für den Brennstoff, um zu solchen Bereichen hoher Kompression zu gelangen, wo das Auftreten der Detonation wahrscheinlich ist, und somit wird 15 die Wahrscheinlichkeit der Detonation herabgesetzt. Der Brennstoffzuführungspegel kann im wesentlichen 20 auf einem normalen Pegel bleiben, wie er durch die Maschinenlast bestimmt ist.

In einem Ausführungsbeispiel der Erfindung setzt bei 25 Erfassung eines "Klopfpegels" oberhalb eines vorbestimmten Wertes eine ECU, die zur Steuerung des Einspritzzeitpunktes und anderer Funktionen der Maschine verwendet wird, die Einspritzdauer um 0,5 ms für den nächsten Maschinenzyklus herab. Somit wird die Einspritzung an demselben Punkt im Maschinenzyklus beendet; ist jedoch um eine Dauer von 0,5 ms kürzer. Wenn 30 die ECU fortführt, das Auftreten von "Klopfen" mit einem unannehbaren Pegel zu erfassen, wird die Einspritzdauer um weitere 0,5 ms herabgesetzt. Unter normalen Umständen ist eine Verkürzung der Einspritzperiode um insgesamt 1 ms ausreichend, das "Klopfen" zu 35

eliminieren oder wenigstens auf einen annehmbaren Pegel zu reduzieren. Wenn jedoch nach der Verkürzung der Einspritzdauer um 1 ms der "Klopfpegel" noch immer über dem zulässigen Pegel ist, werden weitere 5 fortschreitende Verkürzungen der Einspritzperiode um jeweils 0,5 ms oder möglicherweise um 0,25 ms bewirkt. Bei extrem schwerwiegenden "Klopfzuständen" können alternative Maßnahmen getroffen werden, wie Zündverzögerung, um das "Klopfen" auf einen annehmbaren Pegel entweder allein oder kombiniert mit Verkürzungen der Einspritzperiode zu bringen. 10

Nach jeder Verkürzung der Dauer der Einspritzperiode prüft die ECU den Pegel des "Klopfens", und wenn, wie vorstehend angezeigt ist, der Pegel noch über dem annehmbaren ist, erfolgen weitere Verkürzungen der Einspritzperiode. Wenn jedoch als Ergebnis der Prüfung die ECU bestimmt, daß der "Klopfpegel" annehmbar ist, verlängert sie dann die Einspritzperiode um 15 Schritte von beispielsweise 0,25 ms pro Zyklus, wobei eine Prüfung des "Klopfpegels" nach jedem Einstellungsschritt erfolgt. Diese schrittweise Verlängerung der Einspritzperiode wird fortgesetzt, bis sie zur normalen Dauer zurückgekehrt ist. 20

25 Das vorstehende Beispiel der "Klopf"-Steuerfolge ist typisch für eine Maschine mit einer Einspritzperiode in der Größenordnung von 5 ms Dauer, jedoch wird dieselbe Folge von Schritten durchgeführt unabhängig von der tatsächlichen normalen Einspritzperiode. 30

Der Pegel des "Klopfens", bei dem die korrigierende Maßnahme beginnen würde, kann von Maschine zu Maschine unterschiedlich sein. Im Falle eines "Klopfdetektors", der ausgewählt ist zur Messung der Amplitude 35

des Signals bei einer gewissen Frequenz, kann die Messung typischerweise eine Breite von 200 Hz bei einer Frequenz von 13 kHz aufweisen. Wenn das vom Detektor angegebene Signal, d.h. die Spannung, einen vorbestimmten Pegel entsprechend einem annehmbaren "Klopfpegel" überschreitet, wird die korrigierende Maßnahme eingeleitet. Bei der nächsten Messung kann dieselbe vorbestimmte Schwelle wieder verwendet werden, um zu bestimmen, ob eine weitere oder geringere Korrektur erforderlich ist. Alternativ können andere geeignete Formen äquivalenter "Klopf"-Erfassungen verwendet werden, wie ein Detektor, der den akustischen Pegel relativ zum bekannten annehmbaren akustischen Pegel bei einer gewissen Frequenz mißt.

15

20

90909584.6-2301 / O 479 833

5

Patentansprüche

10 1. Verfahren zum Betreiben einer Verbrennungsma-
schine, um das "Klopfen" in dieser zu steuern,
welches aufweist: Einspritzen einer dosierten
Menge von in einem Gas mitgenommenem Brennstoff
direkt in die Verbrennungskammer der Maschine,
15 Steuern des Zeitpunktes der Einspritzung durch
Einstellen der Endzeit der Einspritzperiode in
Beziehung zum Maschinenzyklus, und Herabsetzen
der Dauer der Einspritzperiode in Abhängigkeit
von der Erfassung des "Klopfens" in der Maschine
20 oberhalb eines vorbestimmten Pegels.

25 2. Verfahren zum Betreiben einer Verbrennungsma-
schine nach Anspruch 1, worin die Dauer der Ein-
spritzperiode bei anfänglicher Erfassung des
"Klopfens" oberhalb des vorbestimmten Pegels um
eine vorbestimmte Größe herabgesetzt wird, und
danach die Einspritzperiode in Abhängigkeit von
der Erfassung des Fortdauerns des "Klopfens"
30 oberhalb des vorbestimmten Pegels fortschreitend
weiter verkürzt wird.

35 3. Verfahren zum Betreiben einer Verbrennungsma-
schine nach Anspruch 1 oder 2, worin die Ein-
spritzperiode anfänglich um 0,5 bis 0,25 ms bei
der anfänglichen Erfassung des "Klopfens" ober-
halb des vorbestimmten Pegels verkürzt wird.

4. Verfahren zum Betreiben einer Verbrennungsma-
schine nach Anspruch 1, 2 oder 3, worin die ge-
samte Herabsetzung der Dauer der Einspritzung in
irgendeiner Serie von Herabsetzungen nicht mehr
als 50 % der Dauer der Einspritzung unter
"Nicht-Klopf"-Zuständen beträgt.
5. Verfahren zum Betreiben einer Verbrennungsma-
schine nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
worin, wenn das "Klopfen" unter den vorbestimm-
ten Pegel fällt als Folge einer einzigen oder
einer Folge von Herabsetzungen der Dauer der
Einspritzung, die Dauer der Einspritzung mit
einer vorbestimmten Geschwindigkeit bis zur nor-
malen Dauer erhöht wird.
- 10 15 20 6. Verfahren zum Betreiben einer Verbrennungsma-
schine nach Anspruch 5, worin die Erhöhung der
Dauer der Einspritzung schrittweise bewirkt
wird.